

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of :
Kazuomi KATO et al. :
Serial No. NEW : **Attn: APPLICATION BRANCH**
Filed March 25, 2004 : Attorney Docket No. 2004_0465A

AN INFORMATION PROCESSING APPARATUS,
AN ELECTRICAL APPARATUS, A CLOCK
CONTROLLING METHOD FOR AN
INFORMATION PROCESSING APPARATUS,
A CLOCK CONTROLLING PROGRAM
AND A PROGRAM PRODUCT

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT
ACCOUNT NO. 23-0975

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

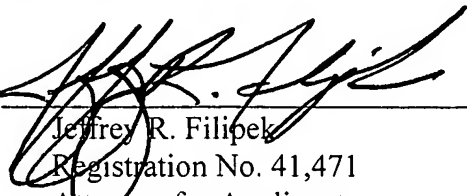
Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2003-085042, filed March 26, 2003, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said Japanese Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Kazuomi KATO et al.

By 
Jeffrey R. Filipek
Registration No. 41,471
Attorney for Applicants

JRF/jmj
Washington, D.C. 20006-1021
Telephone (202) 721-8200
Facsimile (202) 721-8250
March 25, 2004



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

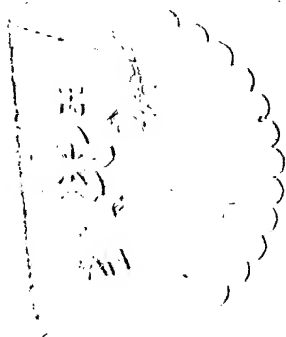
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 8 5 0 4 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 8 5 0 4 2]

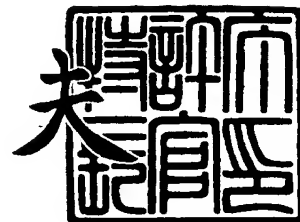
出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):



2 0 0 4 年 2 月 3 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2037350004

【提出日】 平成15年 3月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 1/04

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 加藤 一臣

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 水山 正重

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100103355

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

 【識別番号】 100109667

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 情報処理装置及び情報処理方法及び情報処理プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 電力を供給されて動作する情報処理装置であって、
クロックを生成するクロック生成手段と、
前記クロック生成手段から発生するクロックを制御してクロック周波数を定めるクロック制御手段と、
前記情報処理装置で実行されるソフトウェアを記憶する記憶手段と、
前記クロック制御手段を通じて供給されるクロックにしたがって、前記記憶手段から取得した前記ソフトウェアを実行する演算処理手段と、
排他的に処理を行う区間の開始と終了を検出する排他処理区間検出手段と、
前記排他処理区間検出手段から取得した結果に基づいて、クロック周波数を制御する命令を前記クロック制御手段に通知するクロック制御判定部とを備え、
前記クロック制御判定部は、前記排他処理区間検出手段が排他的に処理を行う区間の開始を検出した場合、クロック周波数を上げるようにクロック制御手段に命令し、排他的に処理を行う区間の終了を検出した場合、クロック周波数を下げるようにクロック制御手段に命令することを特徴とする情報処理装置。

【請求項2】 電力を供給されて動作する情報処理装置であって、
クロックを生成するクロック生成手段と、
前記クロック生成手段から発生するクロックを制御してクロック周波数を定めるクロック制御手段と、
前記情報処理装置で実行されるソフトウェアを記憶する記憶手段と、
前記クロック制御手段を通じて供給されるクロックにしたがって、前記記憶手段から取得した前記ソフトウェアを実行する演算処理手段と、
排他的に処理を行う区間の開始と終了を検出する排他処理区間検出手段と、
前記排他処理区間検出手段から取得した結果に基づいて、クロック周波数を制御する命令を前記クロック制御手段に通知するクロック制御判定手段と、
前記クロック制御手段からクロック周波数の情報を得て、前記演算処理手段や前記記憶手段に供給する電圧を制御する電源制御手段を備え、

前記クロック制御判定部は、前記排他処理区間検出手段が排他的に処理を行う区間の開始を検出した場合、クロック周波数を上げるようにクロック制御手段に命令し、排他的に処理を行う区間の終了を検出した場合、クロック周波数を下げるようにクロック制御手段に命令し、

前記電源制御手段は、前記クロック周波数を上げることに対応して電圧を上昇させ、前記クロック周波数を下げることに対応して電圧を低下させることを特徴とする請求項1記載の情報処理装置。

【請求項3】 前記クロック制御手段は、前記電源制御手段が電圧を安定化するまで上昇させている間に、電圧の上昇に伴って徐々にクロック周波数を上げていくことを特徴とする請求項2記載の情報処理装置。

【請求項4】 前記クロック制御判定手段は、前記排他処理区間検出手段が排他的に処理を行う区間の開始を検出した時に、その区間の処理が終了するまでの時間を以前の処理に要した時間に基づいて予測して、その予測時間と前記電源制御手段が電圧を上昇させるのに要する時間とを比較して、前記クロック制御手段にクロック周波数を上げる命令を通知するかどうかを選択することを特徴とする請求項2記載の情報処理装置。

【請求項5】 前記クロック制御判定手段は、前記排他処理区間検出手段が排他的に処理を行う区間の終了を検出した時に、次に排他的に処理を行う区間の開始を検出するまでの時間を以前の処理に要した時間に基づいて予測して、その予測時間と前記電源制御手段が電圧を低下させるのに要する時間とを比較して、前記クロック制御手段にクロック周波数を下げる命令を通知するかどうかを選択することを特徴とする請求項2記載の情報処理装置。

【請求項6】 クロックと電力を供給されて動作する情報処理装置において、排他的な処理を行う区間を検出するステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を開始する区間であった場合、前記クロックのクロック周波数を上げるステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を終了する区間であった場合、前記クロックのクロック周波数を下げるステップとを含む情報処理方法。

【請求項7】 クロックと電力を供給されて動作する情報処理装置において、

排他的な処理を行う区間を検出するステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を開始する区間であった場合、前記情報処理装置に供給する電圧を上げ、前記クロックのクロック周波数を上げるステップと

、

前記検出した区間が排他的な処理を終了する区間であった場合、前記クロックのクロック周波数を下げ、前記情報処理装置に供給する電圧を下げるステップとを含む情報処理方法。

【請求項 8】 クロックと電力を供給されて動作する情報処理装置において、排他的な処理を行う区間を検出するステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を開始する区間であった場合、その排他的に処理を行う区間を終了するまでの時間を以前の処理に要した時間に基づいて予測して、その予測時間と電圧を上昇させるのに要する時間とを比較してクロック周波数を上げるかどうかを選択するステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を終了する区間であった場合、次の排他的に処理を行う区間を開始するまでの時間を以前の処理に要した時間に基づいて予測して、その予測時間と電圧を低下させるのに要する時間とを比較してクロック周波数を下げるかどうかを選択するステップとを含む情報処理方法。

【請求項 9】 クロックと電力を供給されて動作する情報処理装置において、排他的な処理を行う区間を検出するステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を開始する区間であった場合、前記クロックのクロック周波数を上げるステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を終了する区間であった場合、前記クロックのクロック周波数を下げるステップとを含む情報処理プログラム。

【請求項 10】 クロックと電力を供給されて動作する情報処理装置において

、

排他的な処理を行う区間を検出するステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を開始する区間であった場合、前記情報処理装置に供給する電圧を上げ、前記クロックのクロック周波数を上げるステップと

、

前記検出した区間が排他的な処理を終了する区間であった場合、前記クロックのクロック周波数を下げ、前記情報処理装置に供給する電圧を下げるステップとを含む情報処理プログラム。

【請求項 11】 クロックと電力を供給されて動作する情報処理装置において

、
排他的な処理を行う区間を検出するステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を開始する区間であった場合、その排他的な処理区間を終了するまでの時間を以前の処理に要した時間に基づいて予測して、その予測時間と電圧を上昇させるのに要する時間とを比較してクロック周波数を上げるかどうかを選択するステップと、

前記検出した区間が排他的な処理を終了する区間であった場合、次の排他的な処理区間を開始するまでの時間を以前の処理に要した時間に基づいて予測して、その予測時間と電圧を低下させるのに要する時間とを比較してクロック周波数を下げるかどうかを選択するステップとを含む情報処理プログラム。

【請求項 12】 請求項 9 記載のプログラムを記録した媒体。

【請求項 13】 請求項 10 記載のプログラムを記録した媒体。

【請求項 14】 請求項 11 記載のプログラムを記録した媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、情報処理装置の省電力制御に関し、特に、クロック周波数を制御することによる消費電力の低減に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

現在の家電機器、例えば携帯電話、携帯 A V 機器、デジタルカメラなどにおいて、消費電力を低く抑えたいという要求が大きい。近年の家電機器には C P U (中央演算処理装置)をはじめ多くの処理装置が多数組み込まれている。また、これらの処理装置上で、多数のソフトウェアが同時に動作したり、ディスプレイなどの電力を大きく消費する表示装置が備えられているため、消費電力が増大する

傾向にあり、消費電力を抑える技術が必要となってきた。

【0003】

情報処理装置が消費する電力を小さくするために、情報処理装置に供給するクロック周波数を、情報処理装置の状態に応じて制御する技術がある。

【0004】

従来の技術として、通常は遅いクロック周波数で動作し、CPUに対する外部割り込み期間とその後の一定期間のみ特別に、CPUに供給するクロック周波数を上げる技術が開示されている（例えば、特許文献1参照）。ここでは、割り込みフラグを立てている装置上のハードウェアを参照して、クロック周波数の制御を行っている。

【0005】

また、前提として各タスクが必要とする最低限の性能が設定されていて、各タスクを起動する際にその性能に応じてクロック周波数を制御するように設定回路に設定する技術が開示されている（例えば、特許文献2参照）。

【0006】

また、マルチタスクオペレーティングシステムの下で、クロック周波数を下げるタスクを常に最下位の優先度で用意する技術が開示されている（例えば、特許文献3参照）。これにより、他の全てのタスクの処理が終了した際、すなわち、システムが待機状態に入った場合、クロック周波数を下げて消費電力を抑えている。

【0007】

【特許文献1】

特開平5-108191号公報

【特許文献2】

特開平8-76874号公報

【特許文献3】

特開平4-278612号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、家電機器の消費電力を抑えると同時に、機器を正常に動作させる必要があり、家電機器が備える処理装置には、リアルタイム性が要求されるものが多い。リアルタイム性とは、処理の要求から所定の時間内にその内容の処理が行われることを保証するものである。排他的な処理を行う区間、例えば、ある処理を行っている時に他の処理が行われるのを禁止した区間では、他の処理の要求が受け付けられないため、リアルタイム性を損ねる危険性がある。したがって、排他的な処理を行う区間は、可能な限り短時間で処理しなければならない。

【0009】

前記特許文献1に開示された技術では、外部割込み期間のクロック周波数を上げる処理を行っており、外部割り込み期間では消費電力が常に高い状態となり、リアルタイムな省電力制御ができないという課題を有していた。

【0010】

また、前記特許文献2に開示された技術では、各タスクが必要とする性能に応じたクロック周波数の制御を行っており、前もって、あらかじめ各タスクが必要とする性能を決定し、設定しておく必要があるという課題を有していた。

【0011】

また、前記特許文献3に開示された技術では、他の全てのタスクの処理が終了した際にクロック周波数を下げる処理を行っているため、他の全てのタスクが終了するまで消費電力は高いままとなり、リアルタイムな省電力制御ができないという課題を有していた。

【0012】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、機器を正常に動作可能とするリアルタイム性を確保しつつ、機器が備える情報処理装置の消費電力を低減させることを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記従来の課題を解決するために、本発明の情報処理装置は、クロック生成手段から発生するクロックを制御してクロック周波数を定めるクロック制御手段と、排他的に処理を行う区間を検出する排他処理区間検出手段と、排他処理区間検

出手段から取得した結果に基づいて、クロック周波数を制御する命令をクロック制御手段に通知するクロック制御判定部とを備え、クロック制御判定部は、排他処理区間検出手段が排他的に処理を行う区間の開始を検出した場合、クロック周波数を上げるようにクロック制御手段に命令し、排他的に処理を行う区間の終了を検出した場合、クロック周波数を下げるようにクロック制御手段に命令することにより、排他的な処理区間か否かでクロック周波数を切り替えることを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態において、図面を用いて説明する。

【0015】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1における情報処理装置の構成を示したブロック図である。図1において、クロック生成部101は、一定周波数でクロックを生成する発振回路である。クロック生成部101で生成されるクロックは、情報処理装置内の演算処理部や記憶部に供給するクロックの源となる。

【0016】

クロック制御部102は、クロック生成部101で生成されたクロックを分周機能や分周回路によって分周して、クロック生成部101が生成したクロックの周波数を制御する。例えば、クロック生成部101で生成されたクロックの周波数 x を $1/m$ (m は自然数) に分周して、 x/m (m は自然数) の周波数のクロックを出力する。

【0017】

また、クロック制御部102を実現する方法として分周するだけではなく、クロック生成部101で生成されたクロックを増大させる方式で実現してもよい。

【0018】

クロック制御部102から出力されたクロックは、情報処理装置内の演算処理部103や記憶部104に供給するクロックとなる。

【0019】

なお、図1では同一のクロックを演算処理部103や記憶部104に供給しているが、演算処理部103や記憶部104に別々のクロックを供給する構成、すなわち非同期のクロックを供給する構成でもよい。また、演算処理部103を構成するCPU105やDSP106毎に、別々のクロックを供給してもよい。そのような構成を実現するためには、クロック生成部101とクロック制御部102を複数備えてクロックそのものを別々に発生させたり、クロック生成部101を一つ備えてクロック制御部102が複数の分周回路を操作して、異なる周波数のクロックを複数発生させる構成を取る。

【0020】

演算処理部103は、クロック制御部102から供給されるクロックにしたがってプログラムの実行や演算処理を行うプロセッサである。このプロセッサには、例えば図1に示すCPU105やDSP106がある。CPU105は中央演算装置であり、DSP106は特定の演算処理を高速化したデジタル信号処理装置である。演算処理部103は、マルチプロセッサで実現してもよい。

【0021】

記憶部104は、情報処理装置で動作させるソフトウェア及び情報処理装置の動作に必要なデータを記憶している。記憶部104は、例えばRAM107やROM108から成る。記憶部104は、二次記憶装置によって実現してもよいし、取り外し可能な記憶媒体を用いてもよい。磁気記憶媒体としてフレキシブルディスクやハードディスクを備えてもよいし、光記憶媒体としてCDやMDやDVDを備えてもよい。記憶部104は、プロセッサが備える内部RAM、レジスタ、キャッシュでもよい。

【0022】

バス109は、演算処理部103を構成する各構成要素（CPU105やDSP106）と記憶部104を構成する各構成要素（RAM107やROM108）の間を接続しており、バス109を介して、ソフトウェアやデータのやり取りを行う。

【0023】

排他処理区間検出部110は、排他的に処理を行う区間の開始と終了を検出す

る。詳細については、後に図 2 を用いて説明する。

【0024】

クロック制御判定部 111 は、排他処理区間検出部 110 から排他的な処理区間の開始あるいは終了の通知を受け取り、受け取った通知に従い、クロック周波数を制御する命令をクロック制御部 102 に通知する。詳細については、排他処理区間検出部 110 と同様に、後述する。

【0025】

記憶部 104 に記憶されているソフトウェアは、バス 109 を通じて演算処理部 103 にロードされて実行される。例えば、情報処理装置がソフトウェアを実行する時には、RAM 107 に記憶していたソフトウェアを CPU 105 にロードした後、CPU 105 によって実行される。その際、例えば記憶部 104 の RAM 107 からソフトウェアの実行に必要なデータを随時読み出し、バス 109 を通じて演算処理部 103 の CPU 105 に送る。

【0026】

なお、ソフトウェアが CPU 105 ではなく DSP 106 や他のプロセッサにロードされて実行される場合や、あるいはソフトウェアが RAM 107 ではなく ROM 108 やその他の記憶媒体に記憶されている場合も、本発明の情報処理装置を同様に実施することができる。

【0027】

ソフトウェアは、CPU 105 を占有して実行するために、あるいは特定の資源を用いた処理を実行するために、他の要求を受け付けずに排他的に処理を行う区間を有する。排他的に処理を行う区間は、自らの処理を優先的に行うために他の処理を受け付けない区間である。排他的に処理を行う区間として、例えばデバイスやソフトウェアが要求する割り込み処理を禁止する割り込み禁止区間や、CPU の実行権を他の実行単位に譲らないプリエンプト禁止区間や、ロック機構を用いて他の実行単位や他の CPU から同一資源にアクセスされるのを禁止する区間などが存在する。

【0028】

ここで実行単位とは、独自の実行状態を保持する単位である。一例を挙げると

プロセスやタスクあるいはスレッドと呼ばれるものがある。基本ソフトウェアの処理部分（カーネル空間の処理部分）そのものも一つの実行単位と捉えられる。また、基本ソフトウェアの処理部分の中において、割り込みに応じて各割り込み要求用の処理が実行されることがあるが、それらの処理を別々の実行単位と捉えてもよい。マルチプロセッサを備える情報処理装置では、各プロセッサで動作する処理がそれぞれ別の実行単位を持つ。

【0029】

上記の排他的に処理を行う区間内で別の処理要求が起きても、要求された処理は排他的な処理区間が終了するまで受け付けられず、実行が大幅に遅延する可能性がある。一方、要求した処理が実行されるまでの時間に一定の制約があるもの、すなわちリアルタイム性を要求する処理が排他的な処理区間で要求されると、リアルタイム性を大きく損ねる危険性がある。したがって、排他的に処理を行う区間は、リアルタイム性を保証するために可能な限り短時間で処理を行わなければならない。

【0030】

本発明における情報処理装置では、クロック制御部102でクロックを制御することによって、二つのモードを持つ。一つは排他的に処理を行う区間で処理を高速に終える高速処理モードであり、もう一つは排他的に処理を行わない通常の処理区間で電力消費を抑えて処理を行う低電力消費モードである。高速処理モードでは、クロック周波数を上げることで高速に処理し、低電力消費モードでは、クロック周波数を下げて低速に処理し消費電力を低下させる。

【0031】

図2に、排他的に処理を行う区間におけるクロックのパルス波の変化を示し、クロック周波数を制御している様子を表す。

【0032】

排他処理区間検出部110は、排他的に処理を行う区間の検出を行う。図2の121は、排他的な処理ではない通常の処理区間から排他的に処理を行う区間に入った時に、排他処理区間検出部110が、排他的な処理の開始を検出することを示す。また、図2の122は、排他的に処理を行う区間から通常の処理区間に

戻った時に、排他処理区間検出部 110 が、排他的な処理の終了を検出することを示す。排他的な処理区間の開始と終了は明示的に示されており、排他処理区間検出部 110 が自動で検出を行うことが可能である。

【0033】

クロック制御判定部 111 は、排他処理区間検出部 110 から排他的な処理区間の開始あるいは終了の通知を受ける。クロック制御判定部 111 は、排他的な処理区間の開始の通知を受けた場合、クロック制御部 102 にクロック周波数を上げる命令を通知し、排他的な処理区間の終了の通知を受けた場合、クロック制御部 102 にクロック周波数を下げる命令を通知する。これにより、図 2 に示したように、排他的な処理区間は、高速処理モードで処理を行い、通常の処理区間は、低電力消費モードで処理を行うことになる。

【0034】

排他処理区間検出部 110 とクロック制御判定部 111 を、例えばソフトウェアによって実現することができる。排他的な処理区間の開始あるいは終了タイミングが、ソフトウェアで明示的に示されている場合、クロック制御判定部 111 に通知する部分を開始処理や終了処理の中に埋め込むことにより、排他処理区間検出部 110 を実現できる。また、排他的な処理区間の開始の場合、その埋め込む処理にクロック制御部 102 へクロック周波数を上げる命令を入れること、あるいは終了の場合、その埋め込む処理にクロック制御部 102 へクロック周波数を下げる命令を入れることにより、クロック制御判定部 111 を実現できる。

【0035】

また、排他処理区間検出部 110 とクロック制御判定部 111 をソフトウェアによって実現する別の方式として、クロック制御を行うインターフェースを用意しておき、ソフトウェアの中で排他的な処理区間を開始あるいは終了する前後に、そのインターフェースを挿入する方式も取ることができる。つまり、ソフトウェア開発者が、排他的な処理区間の開始に応じてクロック周波数を上げたり、あるいは終了に応じてクロック周波数を下げる処理を挿入することで、排他処理区間検出部 110 とクロック制御判定部 111 を実現することができる。

【0036】

図 3 に、排他処理区間検出部 110 が排他的に処理を行う区間を検出して、クロック制御判定部 111 がクロック制御部 102 にクロックを制御する命令を出力する流れを示す。

【0037】

最初に、排他処理区間検出部 110 は、排他的な処理区間の開始を検出したかどうかを判定する (S141)。排他的な処理区間の開始を検出しなかった場合 (S141 が No)、元に戻って S141 の判定処理を繰り返す。一方、排他的な処理区間の開始を検出した場合 (S141 が Yes)、排他処理区間検出部 110 が、排他的な処理区間の開始をクロック制御判定部 111 に通知する (S142)。

【0038】

通知を受けて、クロック制御判定部 111 は、クロック制御部 102 に対してクロックの周波数を上げるように命令を通知する (S143)。これにより、情報処理装置は、高速処理モードに切り替わる。

【0039】

その後、演算処理部 103 が、排他的な処理を実行し (S144)、排他処理区間検出部 110 が排他的な処理区間の終了を検出したかどうかを判定する (S145)。排他的な処理区間の終了を検出しなかった場合 (S145 が No)、S144 の処理に戻って排他的な処理を継続して実行する。一方、排他的な処理区間の終了を検出した場合 (S145 が Yes)、排他処理区間検出部 110 が、排他的な処理区間の終了をクロック制御判定部 111 に通知する (S146)。

【0040】

通知を受けて、クロック制御判定部 111 はクロック制御部 102 に対してクロックの周波数を下げるように命令を出す (S147)。これにより、情報処理装置は、低電力消費モードに切り替わる。

【0041】

以上により、本発明の情報処理装置は、排他的な処理区間での処理を、高速処理モードで処理することが可能となる。

【0042】

図4に、排他処理区間検出部110が排他的に処理を行う区間を検出して、クロック制御判定部111がクロック制御部102にクロックを制御する命令を出力する流れの別の方式を示す。

【0043】

最初に、演算処理部103は、ある特定の処理を開始する(S161)。次に、排他処理区間検出部110は、処理を行っている現在の区間が、排他的に処理を行う区間であるかどうかを判定する(S162)。排他的な処理区間でない(通常の処理区間)の場合(S162がNo)、S163に遷移する。一方、排他的な処理区間の場合(S162がYes)、S168に遷移する。

【0044】

排他処理区間検出部110は、処理中の処理から、排他的な処理区間の開始を検出したかどうかを判定する(S163)。排他的な処理区間の開始を検出した場合(S163がYes)、演算処理部103が、排他的な処理区間を開始する(S164)。そうでない場合(S163がNo)、演算処理部103は、処理中の処理内容にしたがって処理を行う(S167)。

【0045】

S164で排他的な処理区間を開始した後に、排他処理区間検出部110が、排他的な処理区間の開始をクロック制御判定部111に通知する(S165)。この通知を受けて、クロック制御判定部111は、クロック制御部102に対してクロックの周波数を上げるように命令を通知する(S166)。これにより、情報処理装置は、高速処理モードに切り替わる。

【0046】

クロック制御部102は、クロック制御判定部111からの命令を受けてクロック周波数を上げる。例えば、あらかじめ高速処理モードのクロック周波数を50MHzと決めていれば、クロック制御部102は50MHzまでクロック周波数を上げる。他にも、例えばクロック制御部102は分周比を1として、クロック生成部101で生成されるクロックを分周せずに演算処理部103や記憶部104に供給する方式がある。あるいは、演算処理部103や記憶部104の各装

置の許容するクロック周波数の上限値が設定されていて、クロック制御部 102 は設定されている各装置の上限値を満たす範囲内で、最大のクロック周波数で出力するようにクロックを制御してもよい。

【0047】

一方、排他処理区間検出部 110 は、排他的な処理区間の終了を検出したかどうかを判定し (S168)、その結果、排他的に処理を行う区間から出る処理である場合 (S168 が Yes)、排他的に処理を行う区間を終了する (S169)。そうでない場合 (S168 が No)、演算処理部 103 が、処理中の処理内容にしたがって処理を行う (S167)。

【0048】

S169 で排他的な処理区間を終了した後に、排他処理区間検出部 110 が、排他的な処理区間の終了をクロック制御判定部 111 に通知する (S170)。この通知を受けて、クロック制御判定部 111 は、クロック制御部 102 に対してクロックの周波数を下げるように命令を出す (S171)。これにより、情報処理装置は、低電力消費モードに切り替わる。

【0049】

クロック制御部 102 は、クロック制御判定部 111 からの命令を受けて、クロック周波数を下げる。例えば、あらかじめ低電力消費モードのクロック周波数を 5MHz と決めていれば、クロック制御部 102 は 5MHz までクロック周波数を下げる。あるいは、演算処理部 103 や記憶部 104 の各装置の許容するクロック周波数の下限値が設定されていて、クロック制御部 102 は設定されている各装置の下限値を満たす範囲内で、最小のクロック周波数で出力するようにクロックを制御してもよい。

【0050】

クロック制御部 102 がクロック制御判定部 111 からの命令を受けて、クロック周波数を下げる別の方式として、低電力消費モード時のクロック周波数は、情報処理装置の負荷状態、または発熱によって上昇する温度状態、または供給する電池の残りの容量などを考慮して決定してもよい。

【0051】

さらに別の方式として、排他的に処理を行う区間に入って S 1 6 6 でクロック周波数を上げる前に、それまで動作していたクロック周波数を記憶しておいて、排他的に処理を行う区間から出た時にその周波数に戻すことでもよい。

【0052】

上述の通り、情報処理装置の許容する範囲内で最大のクロック周波数で動作させることによって、排他的な処理を行う区間の処理時間を短くしてリアルタイム性を高めることができる。排他的に処理を行わない通常の処理区間では、クロック周波数を情報処理装置の許容する範囲内で最小まで下げて、消費電力を抑えることができる。したがって、消費電力を最大限に抑えてリアルタイム性を高めることができる。

【0053】

(実施の形態 2)

さらに、本発明の実施の形態 2 における情報処理装置では、クロック周波数を下げるのに伴い、電源から供給する電圧を下げることで消費電力を抑えることを可能にする。情報処理装置に供給する電圧は、クロック周波数によって最低必要となる水準がハードウェアによって決まる。一般的にクロック周波数を下げると、最低必要となる電圧もそれに応じて低下するため、クロック周波数が高かった時の電圧から電圧を低下させることができる。また、消費電力は電圧の二乗に比例して変化するため、電圧の影響を大きく受ける。

【0054】

クロック周波数を下げるのに伴い、電源から供給する電圧を下げることで消費電力を抑える情報処理装置を図 5 に示す。図 5 は、図 1 の情報処理装置に、AC 電源 210 と、電池 211 と、電源制御部 212 が追加されている。クロック生成部 201、クロック制御部 202、演算処理部 203、記憶部 204、CPU 205、DSP 206、RAM 207、ROM 208、バス 209、排他処理区間検出部 213、クロック制御判定部 214 は実施の形態 1 と同様の機能を有する。

【0055】

AC 電源 210 及び電池 211 は、情報処理装置の電源供給部である。AC 電

源 210 から電圧を供給してもよく、電池 211 から電圧を供給してもよい。

【0056】

電源制御部 212 は、AC 電源 210 及び電池 211 の中から電源供給部を選択すると同時に、情報処理装置に供給する電圧を制御する。

【0057】

実施の形態 2 は、実施の形態 1 と同様に図 4 に示すフローチャートの流れにしたがうが、図 4 の S166 と S171 にさらに新しいステップが追加されたものとなる。

【0058】

実施の形態 2 において、図 4 の S171 は図 6 に示す手順となる。図 6 を用いて、実施の形態 2 でクロック周波数を下げる命令を通知した場合の処理を説明する。クロック制御判定部 214 が、クロック周波数を下げる命令をクロック制御部 202 に通知する (S221)。この通知を受けて、クロック制御部 202 が、クロック周波数を下げた時に、クロック制御部 202 は、電源制御部 212 にクロック周波数を下げたことを通知する (S222)。電源制御部 212 は、クロック周波数が下がると、それに応じて CPU 205 や DSP 206 などの演算処理部 203 や、RAM 207 や ROM 208 などの記憶部 204 に供給する電圧を下げる (S223)。

【0059】

電圧は、クロック制御部 202、演算処理部 203、記憶部 204 などの情報処理装置内の構成要素が動作することができる範囲まで下げることができる。例えば、全ての構成要素が動作できることを保証するために、各構成要素が示す最低の電圧のうち、最大の値まで下げることができる。例えば、具体的に説明すると、構成要素 A が動作可能な最低電圧が 5 V、構成要素 B が動作可能な最低電圧が 7 V、構成要素 C が動作可能な最低電圧が 15 V とした場合、この 3 つの構成要素が動作可能である最大の値である 15 V まで、電圧を下げるのが可能となる。

【0060】

また、実施の形態 2 において、図 4 の手順 S166 は図 7 に示す手順となる。

図7を用いて、実施の形態2でクロック周波数を上げる命令を通知した場合の処理を説明する。クロック制御判定部214が、クロック周波数を上げる命令をクロック制御部202に通知する(S221)。この通知を受けて、クロック制御部202が、クロック周波数を上げた時に、クロック制御部202は、電源制御部212にクロック周波数を上げたことを通知する(S232)。電源制御部212は、クロック周波数が上がると、それに応じてCPU205やDSP206などの演算処理部203や、RAM207やROM208などの記憶部204に供給する電圧を上げる(S233)。

【0061】

電圧は、クロック制御部202、演算処理部203、記憶部204などの情報処理装置内の装置が動作することができる範囲まで上げることができる。例えば、全ての装置が動作できることを保証するために、各装置が示す最高の電圧のうち、最小の値まで上げることができる。

【0062】

以上の通り、クロック周波数を下げることで消費電力を抑えるだけでなく、電源制御部212によって電圧を変化させることによって、さらに消費電力を抑えることが可能になる。

【0063】

しかし図8に示す通り、電圧を上昇させるためには電圧を上昇させて安定化させるための時間を要する。電圧を251から252の水準に上昇させてクロック周波数を上げる場合は、電圧が上昇して安定化した時に、電源制御部212はクロック制御部202に通知して、クロック制御部202はクロック周波数を上げる。通常、電圧を上昇させて安定化する直前に、目標とする252の水準の電圧を上回る状態が続く。この場合、図8の252の電圧の水準を下回らないことが保証されていれば、252の電圧の水準に到達した時点253で電源制御部212がクロック制御部202にクロック周波数を上げるように通知してもよい。

【0064】

電圧が上昇している間も動作する情報処理装置において、電圧の水準が252に達するまでの間にクロック周波数を変化させない場合、排他的に処理を行う区

間の先頭ではリアルタイム性が損なわれてしまう。そこで、電圧を図8の251から252の水準に上昇させている間に、クロック制御部202は、段階的にクロック周波数を上げることができる。この場合、クロック制御部202は、電圧の値とその電圧のもとで供給可能なクロック周波数との対応情報を保持して、電圧制御部212から供給される電圧の値の変化に応じてクロック周波数を設定する。

【0065】

また、電圧の上昇中に段階的にクロック周波数を上げる方式として、記憶部204が電圧の値とその電圧のもとで供給可能なクロック周波数との対応情報を保持する方式でもよい。この場合、演算処理部203が記憶部204からロードした対応情報をもとに、電源制御部212から供給される現在の電圧で供給可能なクロック周波数を得る。次に、演算処理部203はクロック制御部202にそのクロック周波数まで上げることを命令する。

【0066】

電圧の値とクロック周波数の対応情報とは、例えば演算処理部203のCPU205やDSP206、あるいは記憶部204のRAM207やROM208などの各構成要素が特定のクロック周波数で動作するために最低必要とする電圧の水準の情報である。例えば、いくつかの段階に分けたクロック周波数に対して必要な電圧の水準を記述した対応表や、あるいは構成要素ごとにクロック周波数を入力として必要な電圧の水準を出力する関数が対応情報となる。

【0067】

一つのクロック制御部202が、情報処理装置内の一つの構成要素にクロックを供給している場合、前記のクロック周波数と電圧の対応表や関数にしたがってクロック周波数を上げていけばよい。一つのクロック制御部202から同一のクロック周波数でクロックを複数の構成要素に供給している場合、構成要素の中で最も高い電圧を要求する構成要素に合わせてその電圧をしきい値として、そのしきい値を超えた時にクロック周波数を上げるようにすればよい。

【0068】

クロック制御部202は、電源制御部212から常に電圧の水準を検知してい

て、電圧とクロック周波数の対応情報に照らし合わせて、その電圧の水準に応じたクロック周波数に制御する。そうすることで、排他的に処理を行う区間に入ってから電圧を上昇させている間も、その時の電圧に対応してクロック周波数を上昇させることが可能となり、リアルタイム性を強化することができる。

【0069】

また、電圧を低下させるためには電圧を低下させて安定化させるための時間を要する。電圧を252から251の水準に低下させてクロック周波数を下げる場合は、電圧を低下させる前の時点254で、電源制御部212がクロック制御部202にクロック周波数を下げるように通知する。通常、電圧を低下させて安定化する直前に、目標とする251の水準の電圧を下回る状態が続く。251の水準に到達するまでの最小の電圧が保証されている場合、クロック制御部202は、電圧が不安定な状態の時も含めて、最小の電圧でも供給可能なクロック周波数に制御する。電圧が安定化した後に電源制御部212がクロック制御部202に通知して、その電圧に対応したクロック周波数に制御し直してもよい。

【0070】

さらに図8の256に示すように、電圧が上昇し終わるまでに排他的に処理を行う区間が終了して電圧をすぐに再度下げなければいけない場合、電源制御部212が電圧を変更する処理やクロック制御部202が電圧の変更に伴ってクロック周波数を変更する処理が無駄になる。そこで、すぐに排他的な処理が終了する場合に、クロック制御判定部214はクロックを上げる命令をクロック制御部202に通知しない方法が取れる。ただし、排他的に処理を行う区間でリアルタイム性を保つために、すぐに排他的な処理が終了する場合でも、クロック制御判定部214がクロックを上げる命令をクロック制御部202に通知してもよい。

【0071】

すぐに排他的な処理が終了するかどうかをクロック制御判定部214が判定するために、例えば図9に示すように、該当する排他的な処理区間の実行時間の情報を記憶部204に保存している。クロック制御判定部214は、記憶部204からこの情報を取得して利用する。ある排他的な処理を開始する地点があると、その地点に対応する地点として必ずその排他的な処理区間を終了する地点が存在

する。その開始地点から終了地点までの区間が、排他的に処理を行う区間である。

【0072】

図9の301には、排他的に処理を行う区間を複数挙げている。排他的な処理区間である割り込み禁止区間やプリエンプト禁止区間は、演算処理部203が行う処理中の複数個所で設定されている。したがって、それぞれの排他的な処理区間の実行時間の情報を保持するために、処理区間がどの個所の排他的な処理区間であるのか特定する必要がある。

【0073】

排他的な処理区間を特定する方式の一つとして、ソフトウェアによる方式がある。例えば、排他処理区間検出部213によって検出する排他的な処理区間をあらかじめ抽出して、それぞれの処理区間を特定する数値などの識別記号との一覧を用意しておく。ソフトウェアの中で排他的な処理区間を実行する時に、その一覧の中で対応する識別記号を記憶部204に通知する。それにより、どの排他的な処理区間であるのかを明示的に示すことができる。

【0074】

また、排他的な処理区間を特定する別の方式として、排他的な処理を行う際の演算処理部203の内部情報に基づいて一意に特定する方式でもよい。演算処理部203の内部情報とは、内部で処理を行うために使用されるレジスタの値などである。演算処理部203は、排他的な処理区間を実行する時に、その処理区間を特定できる演算処理部203の内部情報を記憶部204に通知する。

【0075】

これらの方式により、図9に示す排他的な処理区間の実行時間の情報を記憶部204が管理することができる。

【0076】

図9の302、303、304の情報は、301に示すそれぞれの排他的な処理区間をこれまでに実行して得られた時間情報を記憶したものである。詳しく述べると、302には前回実行した時に要した時間を示している。また303には、それぞれの排他的な処理区間を実行した時に要した時間の合計と、実行した全

回数を示している。304には、303より得られた実行時間の合計と実行回数を基に計算して、それぞれの排他的な処理区間の平均の実行時間を示している。

【0077】

排他的に処理を行うある区間が開始された時に、その処理区間の実行時間の情報に基づいて処理する流れを図10のフローチャートで示す。まず排他的に処理を行う区間が開始されると(S351)、演算処理部203は、この排他的な処理区間の実効時間を把握するために、時間の計測を開始する(S352)。次に、排他処理区間検出部213は、現在実行している排他的な処理区間の実行時間が十分に長いかどうかを判定する(S353)。この判定を行うために実行時間のしきい値を設定して、現在実行している排他的な処理区間の予測実行時間と比較して判定すればよい。

【0078】

しきい値は、電圧が上昇するのに要する時間を考慮して設定する。また、予測実行時間は、図9に示す排他的な処理区間の実行時間の情報に基づいて予測する。304に示す排他的な処理の平均の実行時間を用いてもよく、302に示す前回の実行時間を用いてもよい。例えば、しきい値が10マイクロ秒(10 usec)であり、予測実行時間に304の平均の実行時間を用いる場合、図9に示すように排他的な処理として識別番号1の割り込み禁止の区間が開始されると、しきい値より予測実行時間である平均の実行時間98.99 usecの方が長いので、この区間の実行時間は十分長いと判定する。逆に、識別番号2の割り込み禁止区間が開始されると、しきい値より平均の実行時間0.72 usecが短いので、この区間の実行時間が十分長いと判定しない。

【0079】

排他処理区間検出部213が、実行中の排他的な処理区間が十分長いと判定すると(S353がYes)、演算処理部203は、クロック周波数を上げるようにクロック制御部202に命令し(S354)、後続の処理を継続して行う(S355)。一方、実行中の処理区間が十分長いと判定しなければ(S353がNo)、クロック周波数を上げずに後続の処理を継続して行う(S355)。

【0080】

排他処理区間検出部 213 が、実行中の排他的な処理区間を終了する地点を検出すると (S356)、演算処理部 203 は、S353 の処理において、以前の実行時間が十分長いと判定して、この処理区間でクロック周波数を上げたかどうかを判定する (S357)。クロック周波数を上げていない場合 (S357 が No)、この処理区間の実行時間が、クロック周波数が上がっていない分大きくなる。そのため、本来上げるはずであったクロック周波数との比を取って、クロック周波数を上げて実行した場合の実行時間に補正する (S358)。例えば、40MHz のクロック周波数に上げることを設定していたが、4MHz の低いクロック周波数のままこの処理区間を実行した場合、クロック周波数の比は 10 となり、実行時間は $1/10$ (10 分の 1) 倍に補正する。その後、演算処理部 203 は、この処理区間の時間の計測を終了して実行に要した時間の情報を保存する (S359)。例えば、図 9 に示すように 302 の前回の実行時間や 303 や 304 の平均の実行時間の情報を更新すればよい。

【0081】

図 10 を用いて排他的に処理を行う区間の処理の流れを示したが、電圧とそれに応じたクロック周波数の組み合わせを複数取り得る場合、S353 と S354 の手順で排他的な処理区間を最短にするような電圧とクロック周波数を選択することができる。

【0082】

S353 と S354 において最適な電圧とクロック周波数を選択する方法を述べる。まず、図 8 に示す 251 の水準から 252 の水準に電圧が上昇して安定するまでの時間は、現在の電圧の水準と変更後の電圧の水準の 2 値によって定まる。また、排他的な処理区間の予測実行時間は、あるクロック周波数に基づいた予測実行時間と変更後のクロック周波数の 2 値によって定まる。変更後のクロック周波数は、変更後の電圧の水準に応じた最大のクロック周波数であるので、変更後の電圧の水準によって定まる。したがって結果的に、電圧の上昇時間よりも排他的な処理区間の予測実行時間が長いという条件下で、排他的な処理区間の予測実行時間を最短にするような電圧の水準を選択すればよい。その電圧の水準に応じた最大のクロック周波数が最適なクロック周波数である。

【0083】

このように、排他的な処理区間を最短にするような電圧とクロック周波数を選択した場合、S357とS358の手順の中で、選択したクロック周波数に応じて計測した実行時間を補正する必要がある。S359で保存される時間情報は、ある特定のクロック周波数に基づいて計測された時間情報である。例えば、排他的な処理区間の実行時間を情報処理装置が許容する最大のクロック周波数に基づいて計測されている場合、実際に実行した時のクロック周波数との比を取って補正を行う。基準となる最大のクロック周波数が40MHzであり、排他的な処理区間において選択したクロック周波数が固定で20MHzあるいは平均的に20MHzであれば、計測した実行時間を $20/40=0.5$ 倍に補正して、S359で時間情報として保存する。

【0084】

一方、図8の257に示すように、電圧が低下し終わるまでに再度排他的に処理を行う区間が開始して電圧をすぐに再度上げなければいけない場合、排他的に処理を行う区間で即座に電圧が目標の水準252まで到達しないので、クロック周波数をすぐに上げることができずにリアルタイム性を損なう。また、電源制御部212が電圧を変更する処理や、電圧の変更に伴ってクロック制御部202がクロック周波数を変更する処理が無駄になる。そこで、排他的に処理を行う区間が終了してすぐに再度排他的に処理を行う区間が開始する場合に、クロック制御判定部214は、クロックを下げる命令をクロック制御部202に通知せず、電圧を252の水準に保ちクロック周波数を高いまま維持する方法が取れる。

【0085】

すぐに再度排他的な処理が開始するかどうかをクロック制御判定部214が判定するために、例えば図11に示すように、排他的な処理の終了から次の排他的な処理の開始までの処理区間の実行時間の情報を記憶部204に保存している。クロック制御判定部214は、記憶部204からこの情報を取得して利用する。図9に示す情報と大きく異なる点は、ある排他的な処理を終了する地点とその次に実行される排他的な処理を開始する地点とは1対1に対応しない点である。ある排他的な処理を終了すると、割り込みなどの処理によって様々に実行経路が変

化することが考えられ、次の排他的な処理の開始地点との組み合わせを全て考える必要がある。図 11 の 401 には、それぞれの割り込み禁止区間やプリエンプト禁止区間の終了地点に対して、可能性として考えられる次の排他的な処理を開始する地点との組み合わせが記される。

【0086】

排他的な処理区間の開始と終了は、演算処理部 203 が行う処理中の複数個所で設定されている。したがって、それぞれの組み合わせに応じて実行時間の情報を保持するために、どの個所の排他的な処理区間の開始及び終了であるのか特定する必要がある。それらを特定する方式は、前述した排他的な処理区間を特定する方式と同様の方式により実現することができる。

【0087】

例えば、排他処理区間検出部 213 によって検出する排他的な処理区間の開始と終了をあらかじめ抽出して、それぞれの地点を特定する数値などの識別記号との一覧を用意しておく。ソフトウェアの中で排他的な処理区間を開始あるいは終了する時に、その一覧の中で対応する識別記号を記憶部 204 に通知する。それにより、どの排他的な処理区間の開始あるいは終了であるのかを明示的に示すことができる。

【0088】

また、排他的な処理区間の開始と終了を特定する別の方式として、排他的な処理を行う際の演算処理部 203 の内部情報に基づいて一意に特定する方式でもよい。演算処理部 203 の内部情報とは、内部で処理を行うために使用されるレジスタの値などである。演算処理部 203 は、排他的な処理区間を開始及び終了する時に、その地点を特定できる演算処理部 203 の内部情報を記憶部 204 に通知する。

【0089】

これらの方式により、図 11 に示す排他的な処理区間の実行時間の情報を記憶部 204 が管理することができる。

【0090】

図 11 の 402、403、404 の情報は、401 に示すそれぞれの終了地点

から開始地点までの処理区間をこれまでに実行して得られた時間情報を記憶したものであり、402には前回実行した時に要した時間を示している。また403には、それぞれの終了地点から開始地点までの処理区間を実行した時に要した時間の合計と、実行した全回数を示している。404には、403より得られた実行時間の合計と実行回数を基に計算して、それぞれの終了地点から開始地点までの処理区間の平均の実行時間を示している。

【0091】

排他的に処理を行うある区間が終了された時に、次に排他的な処理区間が開始されるまでの実行時間の情報に基づいて処理する流れを図12のフローチャートで示す。まず、排他的に処理を行う区間が終了されると(S451)、演算処理部203は、排他的な処理区間が開始されるまでの実行時間を把握するために時間の計測を開始する(S452)。次に、演算処理部203は、現在実行している処理区間の実行時間が十分に長いかどうかを判定する(S453)。この判定を行うために、実行時間が十分に長いかどうかを判定するための実行時間のしきい値を設定して、現在実行している排他的な処理区間の予測実行時間と比較して判定すればよい。

【0092】

しきい値は、電圧が上昇するのに要する時間を考慮して設定する。また、予測実行時間は図11に示す排他的な処理の終了地点から開始地点までの区間の実行時間の情報に基づいて予測する。404に示す平均の実行時間を用いてもよく、402に示す前回の実行時間を用いてもよい。例えば、しきい値が10usecであり、予測実行時間に404の平均の実行時間のうち最短のものを用いる場合、図11に示すように識別番号1の割り込み禁止の区間が終了されると、予測実行時間は次に識別番号2の割り込み禁止が開始される場合が最短であり、しきい値より予測実行時間である平均の実行時間の446.04usecの方が長いので、この区間の実行時間は十分長いと判定する。逆に、識別番号1のプリエンブト禁止区間が終了されると、予測実行時間は次に識別番号1の割り込み禁止区間が開始される場合であり、しきい値より平均の実行時間4.86usecが短いので、この区間の実行時間が十分長いと判定しない。

【0093】

実行中の処理区間が十分長いと判定すると（S453がYes）、演算処理部203は、クロック周波数を下げるようにクロック制御部202に命令し（S454）、後続の処理を継続して行う（S455）。一方、実行中の処理区間が十分長いと判定しなければ（S453がNo）、クロック周波数を下げずに後続の処理を継続して行う（S455）。

【0094】

排他処理区間検出部213が、実行中の排他的な処理区間を開始する地点を検出すると（S456）、S453の処理において、以前の実行時間が十分長いと判定して、この処理区間でクロック周波数を下げたかどうかを判定する（S457）。クロック周波数を下げていない場合（S457がNo）、この処理区間の実行時間が、クロック周波数が下がっていない分大きくなる。そのため、本来下げるはずであったクロック周波数との比を取って、クロック周波数を上げて実行した場合の実行時間に補正する（S459）。例えば、4MHzのクロック周波数に下げること設定していたが、40MHzの高いクロック周波数のままこの処理区間を実行した場合、クロック周波数の比は1/10（10分の1）となり、実行時間は10倍に補正する。その後、この処理区間の時間の計測を終了して実行に要した時間の情報を保存する（S459）。例えば、図11に示すように402の前の実行時間や403や404の平均の実行時間の情報を更新すればよい。

【0095】

図12を用いて、排他的に処理を行う区間が終了された時に、次に排他的な処理区間が開始されるまでの処理の流れを示したが、電圧とそれに応じたクロック周波数の組み合わせを複数取り得る場合、S453とS454の手順で排他的な処理の終了から次の開始までの区間を最長にするような電圧とクロック周波数を選択することができる。

【0096】

S453とS454において最適な電圧とクロック周波数を選択する方法を述べる。まず、図8に示す252の水準から251の水準に電圧が下降して安定す

るまでの時間は、現在の電圧の水準と変更後の電圧の水準の 2 値によって定まる。また、排他的な処理の終了から次の開始までの区間の予測実行時間は、あるクロック周波数に基づいた予測実行時間と変更後のクロック周波数の 2 値によって定まる。変更後のクロック周波数は、変更後の電圧の水準に応じた最大のクロック周波数であるので、変更後の電圧の水準によって定まる。したがって結果的に、電圧の下降時間よりも排他的な処理の終了から次の開始までの区間の予測実行時間が長いという条件下で、予測実行時間を最長にするような電圧の水準を選択すればよい。その電圧の水準に応じた最大のクロック周波数が最適なクロック周波数である。

【0097】

このように、排他的な処理の終了から次の開始までの区間を最長にするような電圧とクロック周波数を選択した場合、S457とS458の手順の中で、選択したクロック周波数に応じて計測した実行時間を補正する必要がある。S459で保存される時間情報は、ある特定のクロック周波数に基づいて計測された時間情報である。例えば、排他的な処理の終了から次の開始までの実行時間を、情報処理装置が許容する最小のクロック周波数に基づいて計測されている場合、実際に実行した時のクロック周波数との比を取って補正を行う。基準となる最小のクロック周波数が4MHzであり、排他的な処理区間において選択したクロック周波数が固定で20MHzあるいは平均的に20MHzであれば、計測した実行時間を $20/4 = 5$ 倍に補正して、S459で時間情報として保存する。

【0098】

【発明の効果】

以上のように、排他的に処理を行う区間でクロック周波数を上げることにより、機器にとって必要最低限のリアルタイム性を確保するとともに、機器が持つ情報処理装置の消費電力を最大限に抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1における情報処理装置の構成を示すブロック図

【図2】

処理区間とクロック周波数の関係を示す図

【図 3】

クロック制御の処理の流れを示すフローチャート

【図 4】

クロック制御の処理の流れを示すフローチャート

【図 5】

本発明の実施の形態 2 における情報処理装置の構成を示すブロック図

【図 6】

クロック周波数低下時の電圧制御の流れを示すフローチャート

【図 7】

クロック周波数上昇時の電圧制御の流れを示すフローチャート

【図 8】

電圧と電圧を変化させるために要する時間との関係を示す図

【図 9】

排他的に処理を行う区間とその処理区間の過去の実行時間情報を示す図

【図 10】

排他的に処理を行う区間が開始された時に実行時間の情報に基づいて処理する流れを示すフローチャート

【図 11】

排他的に処理を行う区間の終了から次の排他的な処理の開始までの処理区間の過去の実行時間情報を示す図

【図 12】

排他的に処理を行う区間が終了された時に実行時間の情報に基づいて処理する流れを示すフローチャート

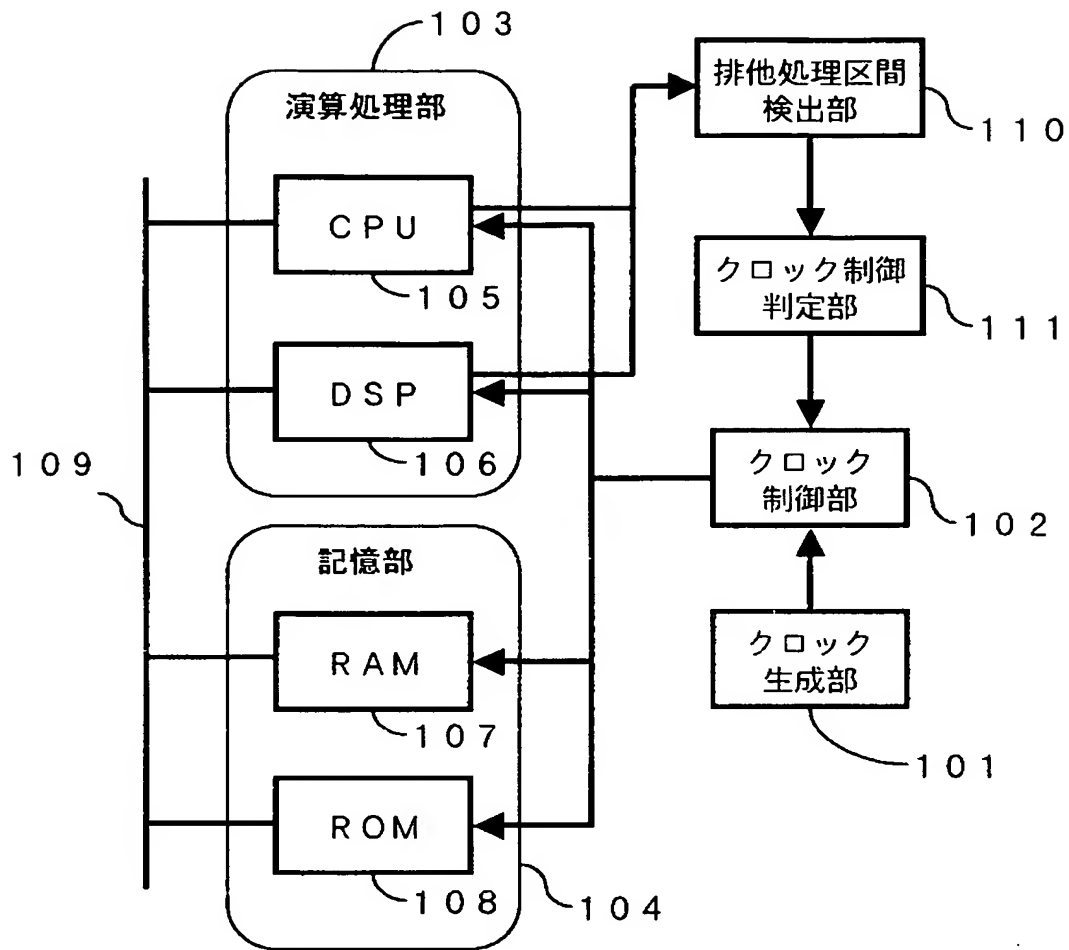
【符号の説明】

- 101 クロック生成部
- 102 クロック制御部
- 103 演算処理部
- 104 記憶部

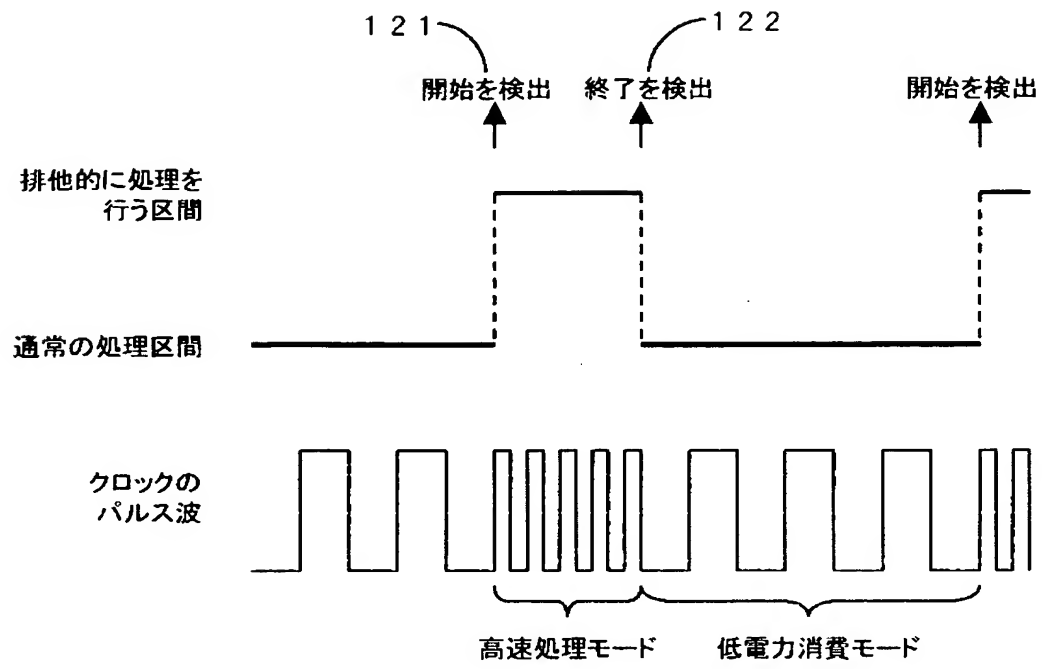
1 0 5 C P U
1 0 6 D S P
1 0 7 R A M
1 0 8 R O M
1 0 9 バス
1 1 0 排他処理区間検出部
1 1 1 クロック制御判定部
2 0 1 クロック生成部
2 0 2 クロック制御部
2 0 3 演算処理部
2 0 4 記憶部
2 0 5 C P U
2 0 6 D S P
2 0 7 R A M
2 0 8 R O M
2 0 9 バス
2 1 0 A C 電源
2 1 1 電池
2 1 2 電源制御部
2 1 3 排他処理区間検出部
2 1 4 クロック制御判定部

【書類名】 図面

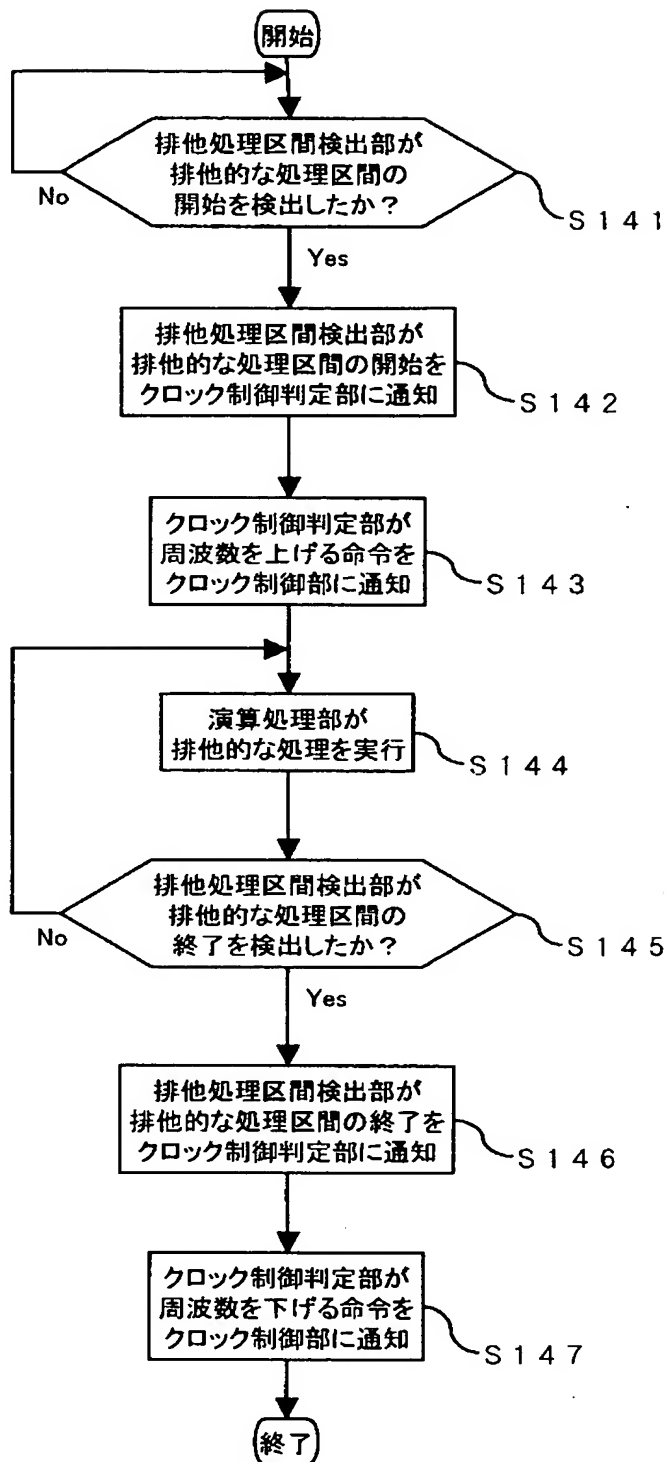
【図 1】



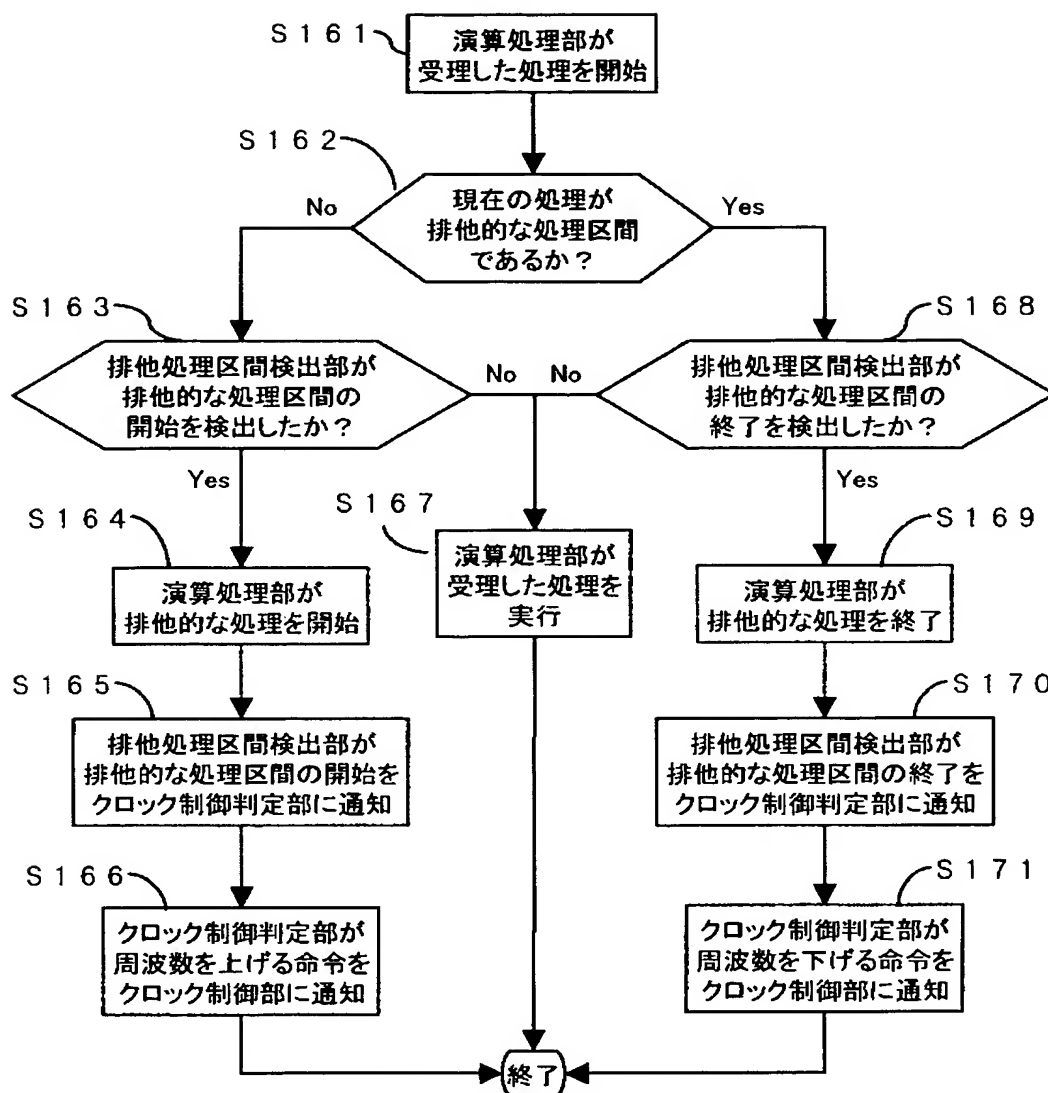
【図 2】



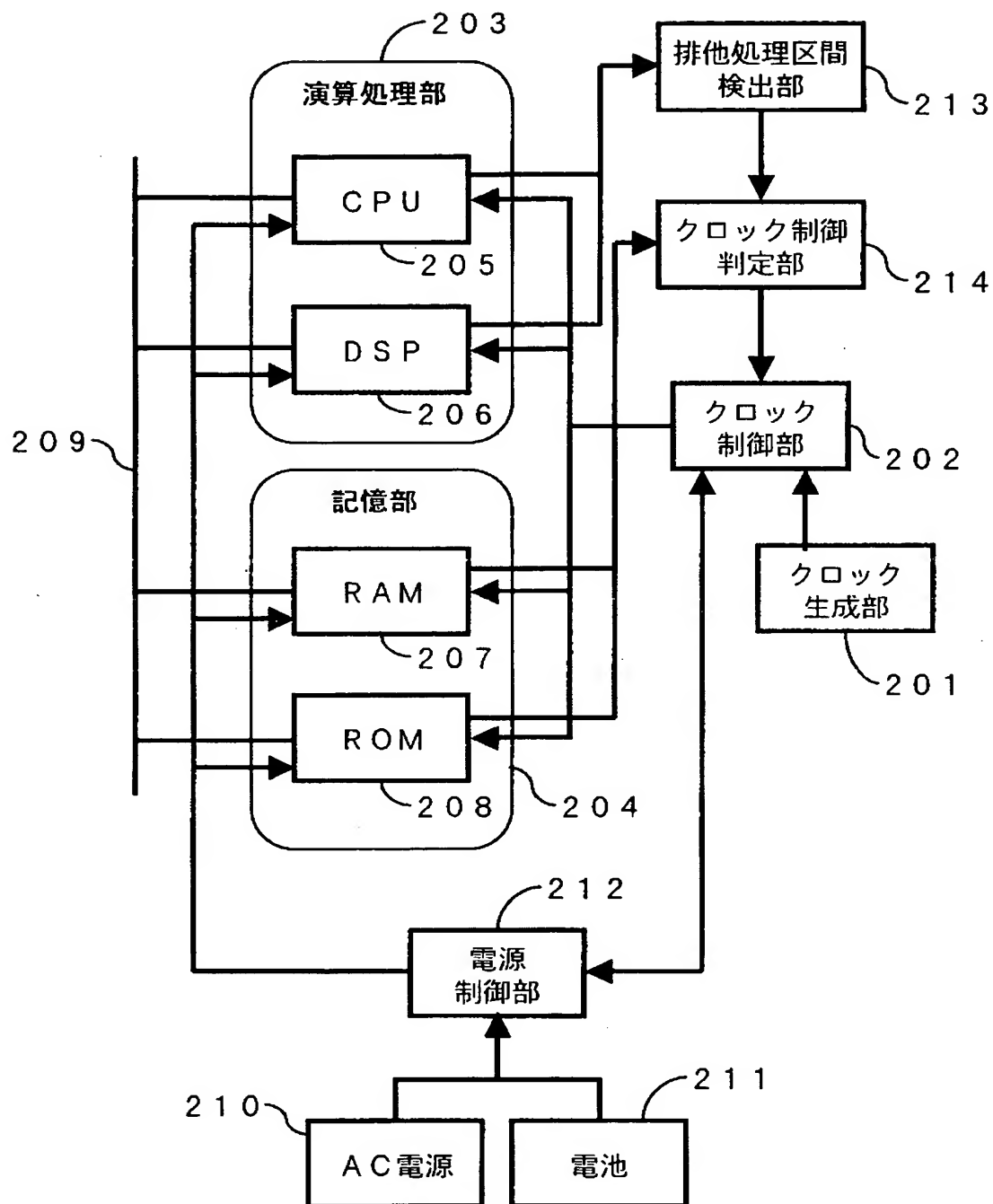
【図 3】



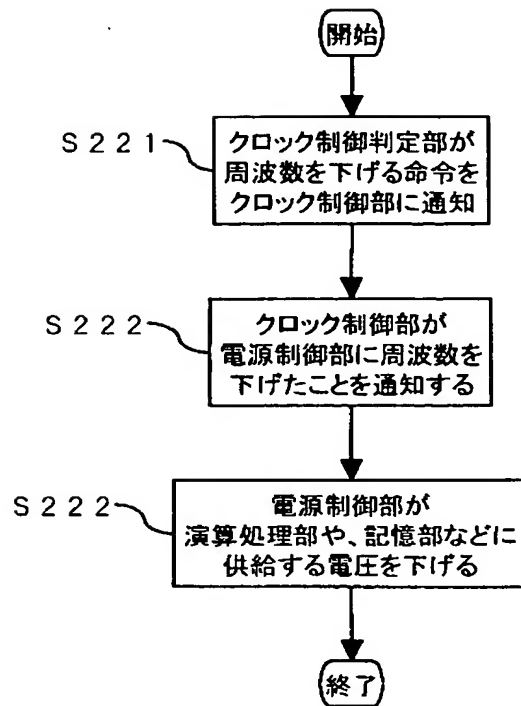
【図 4】



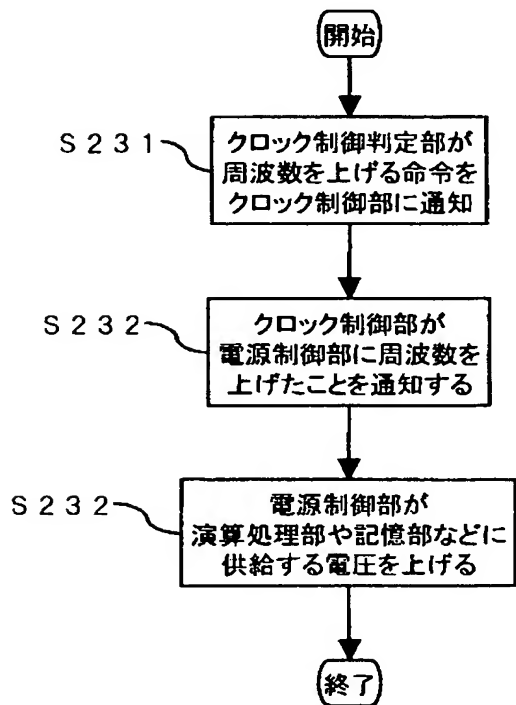
【図 5】



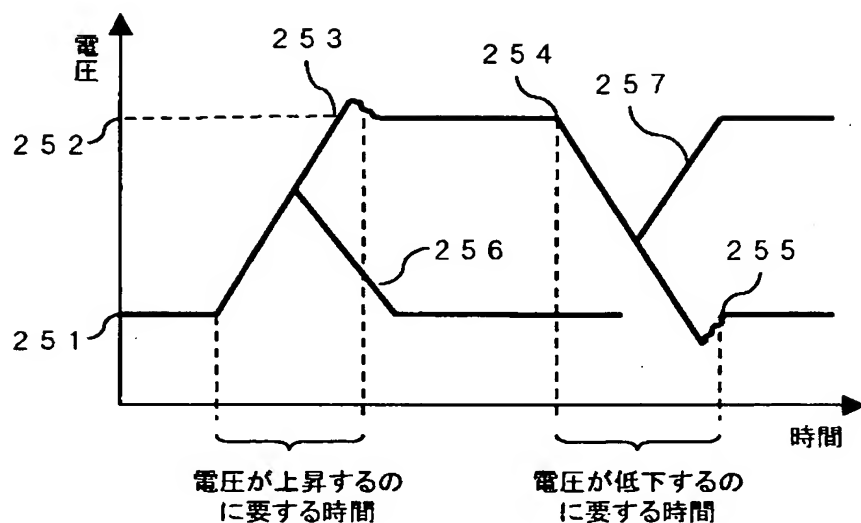
【図 6】



【図 7】



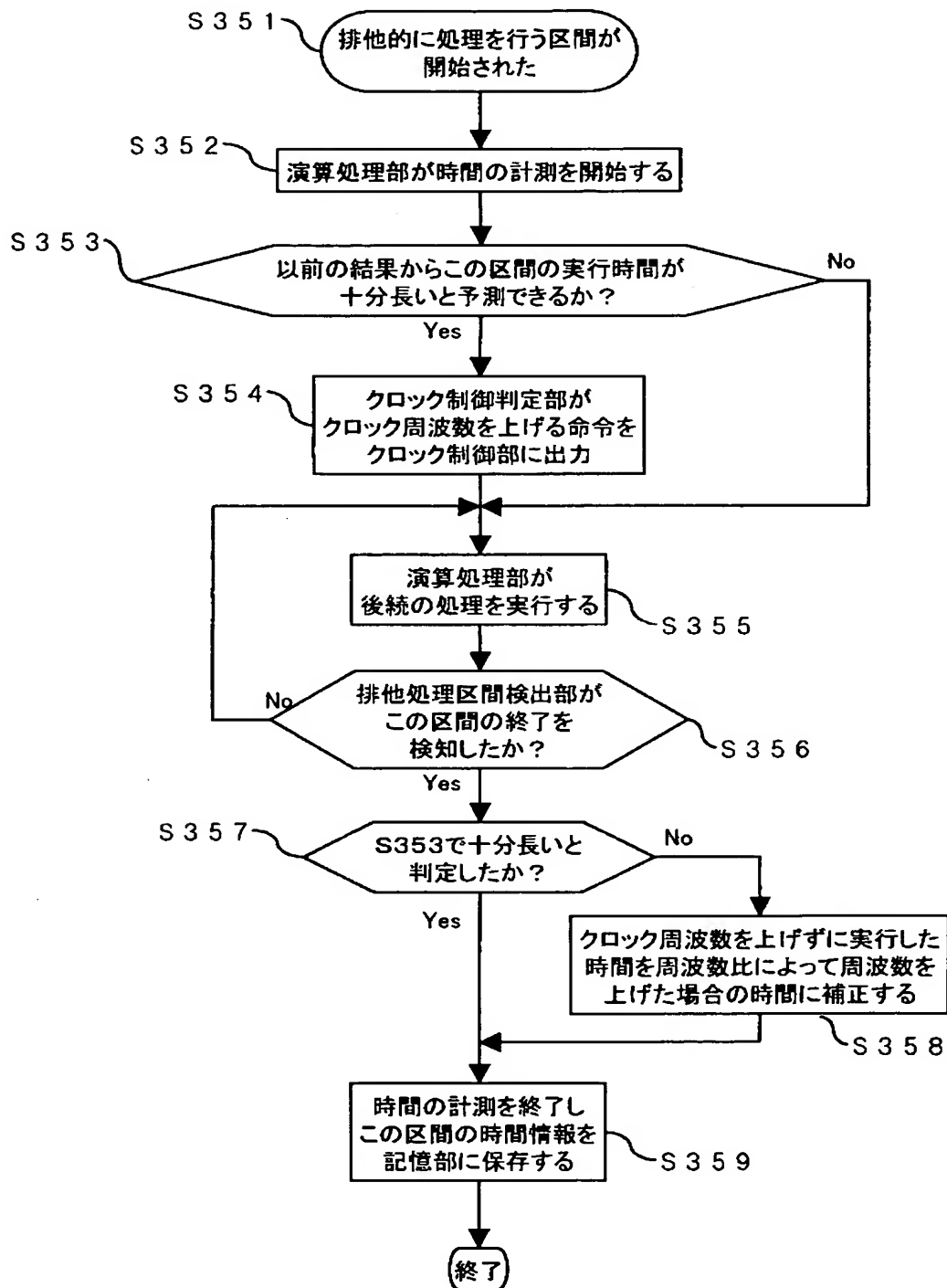
【図 8】



【図 9】

301 排他的に処理を行う区間の 開始地点から対応する終了地点まで (開始地点 → 終了地点) (#は識別番号)	302 前回の 実行時間 (usec)	303 実行時間の合計と 実行回数 (合計usec /回)	304 平均の 実行時間 (usec)
割り込み禁止の開始#1 → 割り込み禁止の終了#1	97.50	13858.70 /140	98.99
割り込み禁止の開始#2 → 割り込み禁止の終了#2	0.71	1820.05 /252	0.72
割り込み禁止の開始#3 → 割り込み禁止の終了#3	63.68	25893.11 /389	66.56
...
プリエンプト禁止の開始#1 → プリエンプト禁止の終了#1	36.07	3598.64 /103	34.98
プリエンプト禁止の開始#2 → プリエンプト禁止の終了#2	7.72	4035.54 /481	8.39
...

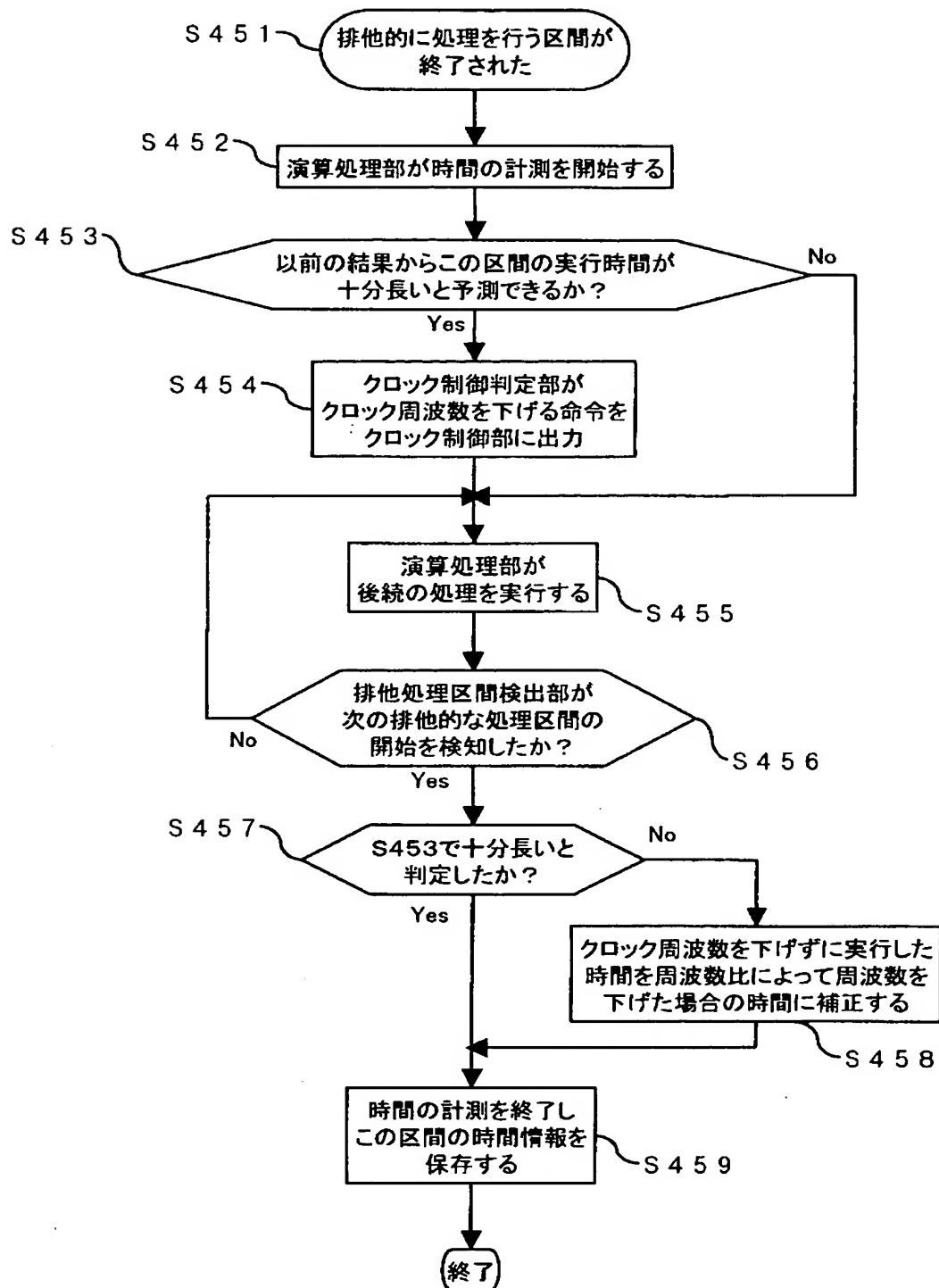
【図 10】



【図 11】

401 排他的な処理を終了する地点から 次の排他的な処理を開始する地点まで (終了地点 → 次の開始地点) (#は識別番号)	402 前回の 実行時間 (usec)	403 実行時間の合計と 実行回数 (合計usec /回)	404 平均の 実行時間 (usec)
割り込み禁止の終了#1 → 割り込み禁止の開始#1	523.83	25108.37 /54	464.97
割り込み禁止の終了#1 → 割り込み禁止の開始#2	452.65	58876.98 /132	446.04
割り込み禁止の終了#1 → プリエンプト禁止の開始#1	825.11	134891.93 /159	848.38
...
割り込み禁止の終了#2 → 割り込み禁止の開始#1	73.89	5625.04 /31	181.45
割り込み禁止の終了#2 → 割り込み禁止の開始#2	1125.89	74390.57 /88	845.34
...
プリエンプト禁止の終了#1 → 割り込み禁止の開始#1	4.06	38.50 /8	4.86
プリエンプト禁止の終了#1 → 割り込み禁止の開始#2	4.86	4035.54 /771	5.23
...

【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 情報処理装置において、処理内容に関わらずクロック周波数を上げると、処理終了後の待機状態を多発して無駄な電力を消費する。一方、電力消費を抑えるために常時クロック周波数を下げると応答性が悪くなり、ソフトウェアの動作保証が困難になる。

【解決手段】 排他処理区間検出部 110 は、排他的に処理を行う区間の開始と終了を検出し、クロック制御判定部 111 は、排他処理区間検出部 110 から排他的な処理区間の開始あるいは終了の通知を受け取り、受け取った通知に従い、クロック周波数を制御する命令をクロック制御部 102 に通知することにより、排他的に処理を行う区間に入ると、クロック周波数を上げて高速に処理を行い、リアルタイム性の向上と共に、省電力を可能とする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 8 5 0 4 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
氏 名	松下電器産業株式会社